



Vertti Poikola

DDR3-MUISTIYMPÄRISTÖN VERIFIOINTI SIGNAALIANALYSAATTORILLA

DDR3-MUISTIYMPÄRISTÖN VERIFIOINTI SIGNAALIANALYSAATTORILLA

Vertti Poikola
Opinnäytetyö
Kevät 2012
Tietotekniikan koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

OULUN SEUDUN AMMATTIKORKEAKOULU TIIVISTELMÄ

Koulutusohjelma	Opinnäytetyö	Sivuja	+	Liitteitä
Tietotekniikan koulutusohjelma	Insinööritö	38	+	0
Suuntautumisvaihtoehto	Aika			
Elektroniikan suunnittelu ja testaus	Kevät 2012			
Työn tilaaja	Työn tekijä			
Elektrobit Wireless Communications Oy	Vertti Poikola			
Työn nimi	DDR3-muistiympäristön verifiointi signaalianalysointilaajalla			
Avainsanat				
DDR3, LeCroy, mittaus				

Tämä opinnäytetyö on tehty Elektrobit Wireless Communications Oy:lle. Työssä perehdyttiin DDR3-muistiteknoologiaan sekä LeCroy SDA-816Zi -signaalianalysointilaajaan. Työn aikana perehdyttiin nopeiden signaalien vaatimuksiin mittauslaitteiston ja mittaustekniikan kannalta.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä yleispätevä ohje DDR3-muistien mittauksiin LeCroy SDA-816Zi -signaalianalysointilaajalla. Ohjeen oli tarkoitus olla tarpeeksi havainnollinen, jotta mittaukset voitaisiin tämän ohjeen perusteella helposti suorittaa ja varmistaa muistiympäristön toiminnallisuus. Tavoitteena on, että lukija osaa suorittaa mittaukset tämän työn avulla ja arvioida, ovatko mittausten tulokset luotettavia.

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ SISÄLTÖ

LYHENTEET	5
1 JOHDANTO	6
2 DDR3 SDRAM -TEKNOLOGIA.....	7
2.1 Kirjoituspulssi	8
2.2 Lukupulssi	11
3 MITTAUSTEN VALMISTELU.....	13
3.1 Käytetyt laitteet ja välineet.....	13
3.2 Mittauspaikan valinta.....	15
4 MITTAUSOHJE	17
4.1 Mittapäiden aikaerokalibrointi.....	17
4.2 Mittausohje	20
5 MITATUT PARAMETRIT JA TULOSTEN ANALYSOINTI	26
6.1 Kirjoitustestin tulokset.....	27
6.2 Lukutestin tulokset.....	34
6 YHTEENVETO	37
LÄHTEET.....	38

LYHENTEET

CK	Clock, kello
DDR	Double data rate, tiedonsiirto nousevalla ja laskevalla kellon reunalla
DQ	Data
JEDEC	Joint Electron Devices Engineering Council
RL	Read latency, lukuviive
SDRAM	Synchronous dynamic random-access memory, kellopulssiin tahdistettu muisti
WL	Write latency, kirjoitusviive

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä käydään läpi DDR3-tekniikkaa ja sen luku- ja kirjoituspulssin toimintaa. DDR3-muisti on nykyaikainen muistiteknologia, joka pystyy siirtämään tietoa sekä laskevalla että nousevalla kellonreunalla. Kellotaajuus DDR3-muisteissa on välillä 800–2133 MHz.

Työssä on tarkoituksena tehdä DDR3-muistiympäristön verifiointi LeCroy SDA-816Zi -signaalianalysaattoria ja sen oheislaitteita hyväksikäyttäen. Työssä keskitytään DQ-, DQS- ja CK-signaalien mittaamiseen ja niiden avulla toiminnallisuuden varmistamiseen. Signaalin mitattavat parametrit käydään myös läpi siltä osin, mistä kohti signaalia ne on mitattu. Mitattujen parametrien vaatimukset tulevat suoraan DDR3-standardista.

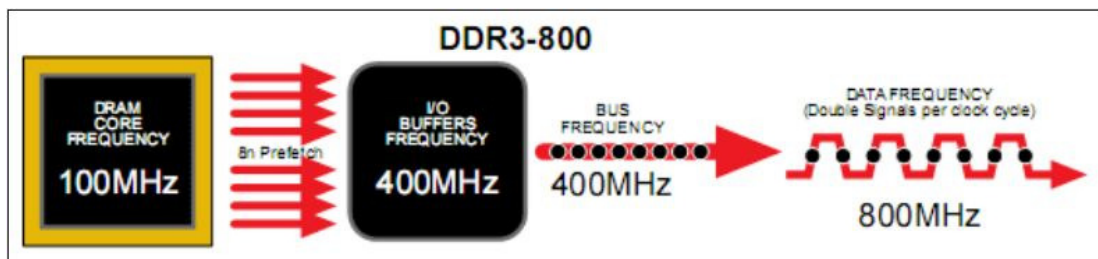
Mittaukset tekevän QualiPhy-ohjelmiston tärkeimmät asetukset käydään seikkaperäisesti läpi. Tavoitteena on, että lukija osaa suorittaa mittaukset tämän työn avulla ja arvioida, ovatko mittausten tulokset luotettavia.

Työn tilaaja Elektrobit Wireless Communications Oy on langattomaan tekniikkaan keskittynyt teknologia-alan yritys. Elektrobit on erikoistunut vaativien sulautettujen järjestelmien ratkaisuihin. Mittaukset suoritettiin Elektrobit Wireless Communications Oy:n laboratoriotiloissa kesällä 2012. Työtä laboratoriossa valvoi työn ohjaaja Jaakko Harmaala, ohjaavana opettajana toimi Timo Vainio.

2 DDR3 SDRAM -TEKNOLOGIA

DDR3-muisti on JEDEC:n standardoima kolmannen sukupolven DDR-muistiteknologia. DDR3:ssa on aiempaan DDR2-muistiin verrattuna pienempi tehonkulutus, kasvanut kellotaajuus sekä esihakupuskuri on kaksinkertainen 4 bitistä 8 bittiin. DDR3:ssa tehonkulutusta on pienennetty pudottamalla käyttöjännite 1,5 V:iin ja käyttämällä kaksiporttisia transistoreja virtavuotojen minimoimiseksi. JEDEC-standardissa on myös määritelty 1,25 V:n DDR3U- ja 1,35 V:n DDR3L-muistit. (1.)

JEDEC-standardi määrittelee DDR3:lle neljä eri nopeusluokkaa: DDR3-800, DDR3-1066, DDR3-1333 ja DDR3-1600. Väylän kellotaajuus näissä tapauksissa on puolet efektiivisestä kellotaajuudesta, koska tietoa voidaan siirtää sekä nousevalla että laskevalla kellonreunalla (kuva 1). (1.)



KUVA 1. Väylän nopeus verrattuna efektiiviseen kellotaajuuteen (1)

Muistipiiri lukee jokaisella sisäisellä kellojaksolla kahdeksan bittiä, jotka se pystyy syöttämään ulkoiseen väylään yhden kellojakson aikana. DDR3-muistipiirin maksimitiedonsiirtonopeus onkin laskettavissa seuraavalla kaavalla:

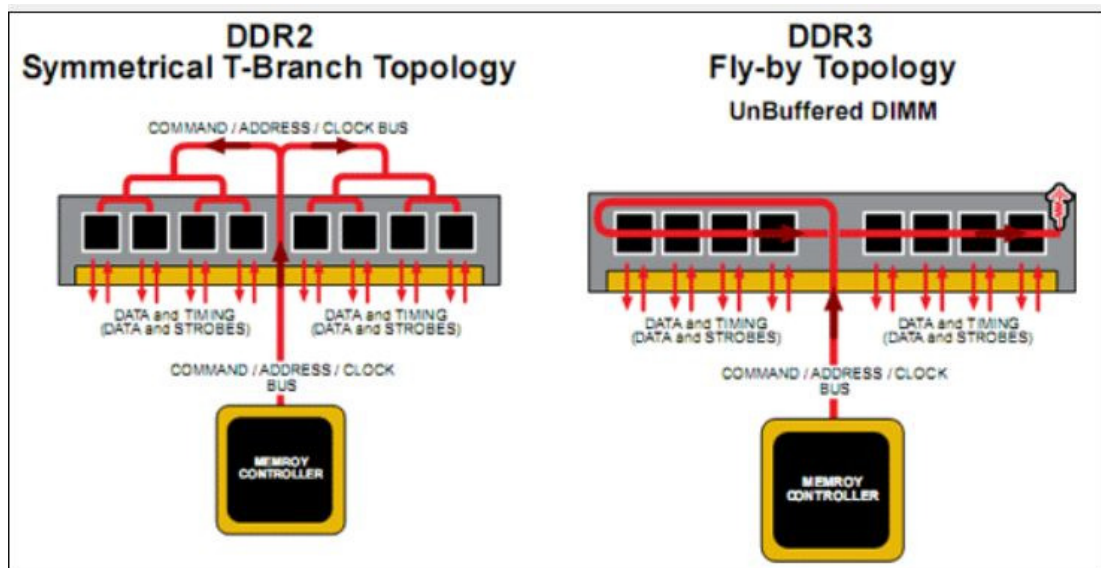
Muistipiirin kellotaajuus * 4 (väylän kellotaajuuden kerroin) * 2 (tiedonsiirto nousevalla/laskevalla kellonreunalla) * 64 (kaistanleveys) / 8 (bitit tavuiksi).
Vastaus on yksikössä MB/s.

Kuvassa 2 on esitetty teoreettiset maksimitiedonsiirtonopeudet eri kellotaajuuksilla.

DDR3 standard modules						
Standard name	Memory clock	Cycle time	I/O Bus clock	Data transfers per second	Module name	Peak transfer rate
DDR3-800	100 MHz	10 ns	400 MHz	800 Million	PC3-6400	6400 MB/s
DDR3-1066	133 MHz	7.5 ns	533 MHz	1066 Million	PC3-8500	8533 MB/s
DDR3-1333	166 MHz	6 ns	667 MHz	1333 Million	PC3-10600	10667 MB/s ^[1]
DDR3-1600	200 MHz	5 ns	800 MHz	1600 Million	PC3-12800	12800 MB/s

KUVA 2. Teoreettiset tiedonsiirtonopeudet (2)

Paremmen signaalin laadun saavuttamiseksi käytetään Fly-By-arkkitehtuuria, jossa muistipiirit on ketjutettu sarjaan ja ketjun päässä on maadoitettu liitoskohta, joka vaimentaa heijastuksia (kuva 3). Fly-By-teknologiaa käytetään paremmen signaalilaadun takaamiseksi. (4, s. 42.)



KUVA 3. Fly-By -arkkitehtuuri (1)

2.1 Kirjoituspulssi

DDR3-muistinhajainpiiri tukee "write leveling" -ominaisuutta, jossa säädetään DQS- ja CK-signaalien välistä aikaerosuhdetta. Muistinhajainpiiri viivästää

DQS-signaaleita jatkuvasti, kunnes DQ-signaalin bitin muutos 0:sta 1:een on havaittu (kuva 4). Tällä keinolla CK- ja DQS-signaalit saadaan synkronisoitua keskenään. (4, s. 42.)

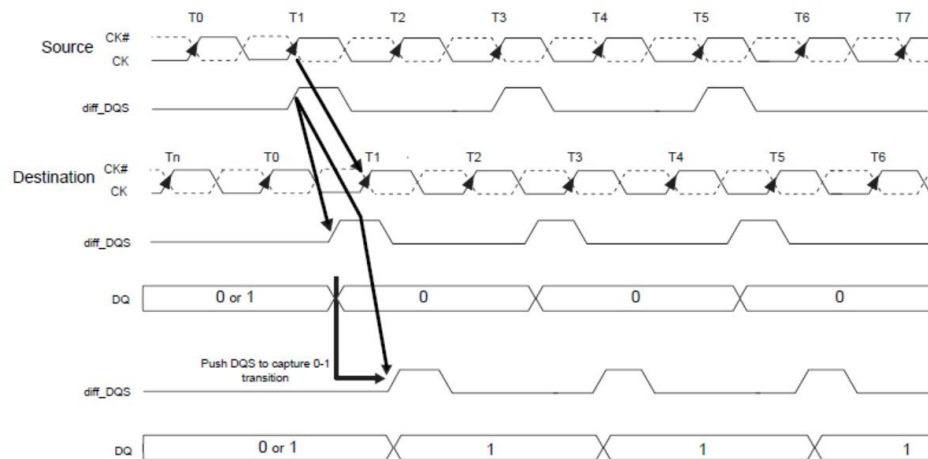


Figure 17 — Write Leveling Concept

KUVA 4. Write leveling -synkronisointi (4, s. 42)

Kuvasta 5 nähdään, että kirjoituspulssi alkaa Command-linjan write-käskyllä, joka luetaan sillä hetkellä, kun CK ja CK# leikkaavat toisensa. Samaan aikaan Address-linjalla määrätään, mihin muistiosoitteeseen tullaan kirjoittamaan tekemään. Tämän jälkeen odotetaan ohjelmallisesti määritetyn WL-latenssin verran kellopulsseja ennen varsinaisen kirjoituksen alkamista. Data kirjoitetaan muistiin, kun DQS- ja DQS#-signaalit leikkaavat toisensa, mikä tapahtuu suurin piirtein DQ-pulssin keskellä. Signaalin asettumisaika (setup time) lasketaan siitä, kun DQ-signaali on noussut ylös siihen asti, kun DQS- ja DQS#-signaalit leikkaavat toisensa. Pitoaika (hold time) taas lasketaan siitä, kuinka kauan signaali on vielä ylhäällä siitä, kun DQS ja DQS# ovat leikanneet toisensa. Kirjoitusoperaatiossa dataa kirjoitetaan kahdeksan tavua muistiin.

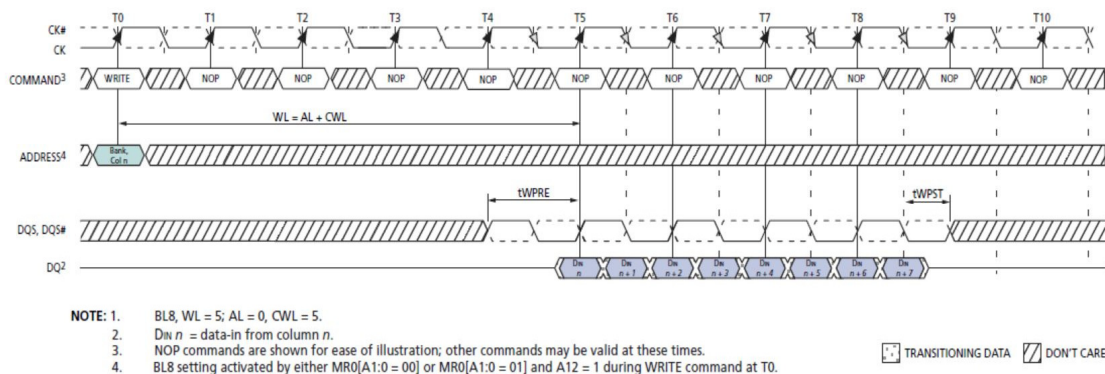
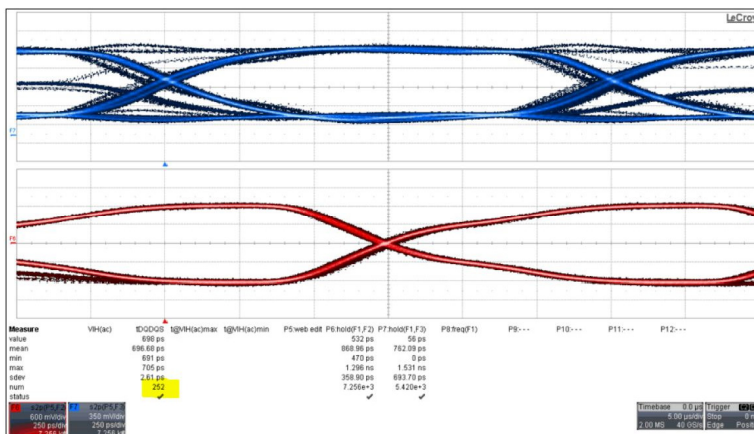


Figure 47 — WRITE Burst Operation WL = 5 (AL = 0, CWL = 5, BL8)

KUVA 5. Kirjoituspulssi (4, s. 71)

Kuvassa 6 on esitetty DQ- (sininen silmäkuvio) ja DQS (punainen silmäkuvio) -signaalien silmäkuvio, josta on helposti nähtävissä, että DQS-signaalin risteämiskohta on DQ-signaalin keskellä, jossa data kirjoitetaan.

Eye Diagram on Write Bursts (Inputs)



2.2 Lukupulssi

Kuvasta 7 nähdään, että lukupulssi alkaa Command-linjan read-käskyllä, joka luetaan sillä hetkellä, kun CK ja CK# leikkaavat toisensa. Samaan aikaan Address-linjalla määrätään, mistä muistiosoitteesta tullaan lukeminen tekemään. Tämän jälkeen odotetaan ohjelmallisesti määritetyn RL-latenssin verran kellopulsseja ennen varsinaisen lukuoperaation alkamista. Dataa luetaan muistista, kun DQS- ja DQS#-signaalit leikkaavat toisensa, mikä tapahtuu samaan aikaan, kun DQ-signaali nousee ylös. Lukuoperaatiossa dataa luetaan muistista kahdeksan tavua.

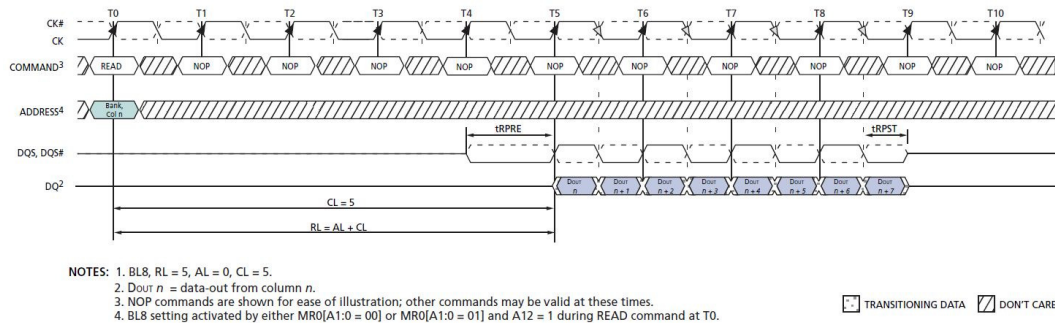
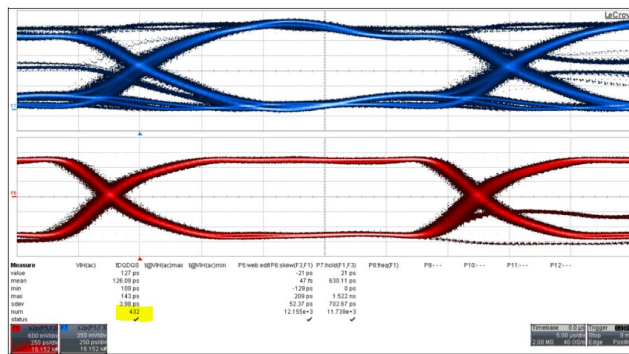


Figure 25 — READ Burst Operation RL = 5 (AL = 0, CL = 5, BL8)

KUVA 7. Lukupulssi (4, s. 56)

Kuvassa 8 on esitetty DQ- (sininen silmäkuvio) ja DQS (punainen silmäkuvio) -signaalien silmäkuviot, mistä on helposti nähtävissä, että DQS- ja DQ-signaalien risteämiskohdat ovat hyvin lähellä toisiaan.

Eye Diagram on Read Bursts (Outputs)



Eye Diagram of Read Bursts
Timestamp: 11/17/2011 16:15:40

DQS and DQx EYE crossing should be almost aligned vertically

Verify vertical and offset setting.

KUVA 8. DQ- ja DQS-signaalien silmäkuviot read-operaatiossa (5)

3 MITTAUSTEN VALMISTELU

Mittauksissa käytettävien laitteiden valinnassa tuli ottaa huomioon se, mitä laitteita Elektrobitillä entuudestaan oli. Näissä mittauksissa käytetty LeCroy SDA-816Zi -signaalianalysaattori oli ainut Elektrobitillä oleva mittalaite, jossa oli valmiina DDR3-optio, joka nopeuttaa mittauksia huomattavasti. Ilman tätä lisäosaa olisi signaaleista pitänyt mitata manuaalisesti vaaditut parametrit. Myös muilla johtavilla signaalianalysaattori merkeillä (esim. Agilent) on vastaavat optiot DDR3-mittauksille. Agilentin vastaava mittausohjelmisto mittaa LeCroyn mittaamien signaalien lisäksi myös muistin osoite (address)- ja käskynlinjat (command). Muiden laitevalmistajien ratkaisuihin DDR3-mittauksille ei perehdytty kuitenkaan syvällisesti, koska mittaukset tuli suorittaa jo olemassa olevilla laitteilla.

3.1 Käytetyt laitteet ja välineet

Valittaessa käytettäviä laitteita on otettava huomioon, että signaalit ovat hyvin nopeita. Mittauksissa käytettävien laitteiden tulee olla sellaisia, että ne eivät kuormita liikaa mitattavaa signaalia. Laitteilla tulee olla myös riittävä erottelukyky, jotta signaali saadaan mitattua mahdollisimman tarkasti. Mittaukset suoritettiin nykyaikaisella 40 giganäytettä sekunnissa havaitsevalla ja 16 GHz:n kaistanleveydellä varustetulla Lecroy SDA-816Zi –signaalianalysaattorilla (kuva 9) sekä sen lisävarusteita hyväksikäyttäen.



KUVA 9. LeCroy SDA-816Zi -signaalianalysaattori (6)

Kuvassa 10 näkyy käytetyt mittapäät sekä niiden vahvistimet. Mittapään valinnassa pitää ottaa huomioon niiden jännitekesto, kapasitanssi sekä kaistanleveys. Mittauksissa päädyin käyttämään kellolinjalle 16 Ghz kaistanleveydellä varustettua ja 10 V huippujännitteen kestävää (1,6 V peak to peak) aktiivista differentiaali mittapäätä. Data- (DQ) ja strobelinjalle valitsin mittapääksi 6 GHz kaistanleveyden 20 V huippujännitteen (5 V peak to peak) kestävät mittapäät. Data- ja strobelinjalle valitsin suuremman jännitteen kestävät mittapäät, koska muuten signaalit olisivat leikkaantuneet huipuistaan. Kaikille signaaleille käytettiin aktiivisia mittapäitä pienemmän kapasitanssin sekä suuremman kaistanleveyden vuoksi. Mittapäiksi valittiin piirilevyille juotettavat mallit, jotta mittapäät eivät liikkuisi mittausten aikana. Mittapäiden välisten aikaerojen kalibrointiin käytin Lecroy PCF200 -kalibrointilevyä.



KUVA 10. Mittauksissa käytetyt mittapääät ja niiden vahvistimet

Signaalianalysaattorin maa yhdistettiin mitattavan piirilevyn maahan, jotta kummallakin on sama maapotentiaali ja paluuvirralla kulkuväylä takaisin.

Mittausohjelmistona käytin Lecroy QualiPhy-ohjelmistoa, jonka tarkoituksena on helpottaa vaikeiden mittausten tekoa. Ohjelmisto mittaa itsenäisesti signaaleista eri parametreja ja vertaa niitä standardin vaatimuksiin.

Taulukossa 1 on lueteltu käytetyt laitteet sekä niiden mallikoodit.

TAULUKKO 1. Mittauksissa käytetyt laitteet

Laite	Kuvaus
LeCroy SDA-816Zi	Digitaalinen signaalianalysaattori
LeCroy D1605	Mittapään vahvistin 16 GHz
LeCroy Dxx05-SI	Differentiaalinen mittapää, juotettava
2kpl LeCroy D620	Mittapään vahvistin 6 GHz
2kpl LeCroy Dx20-SP	Differentiaalinen mittapää, juotettava
LeCroy PCF200	Aikaviive kalibrointilevy
Maakaapeli	Pituus 60 cm

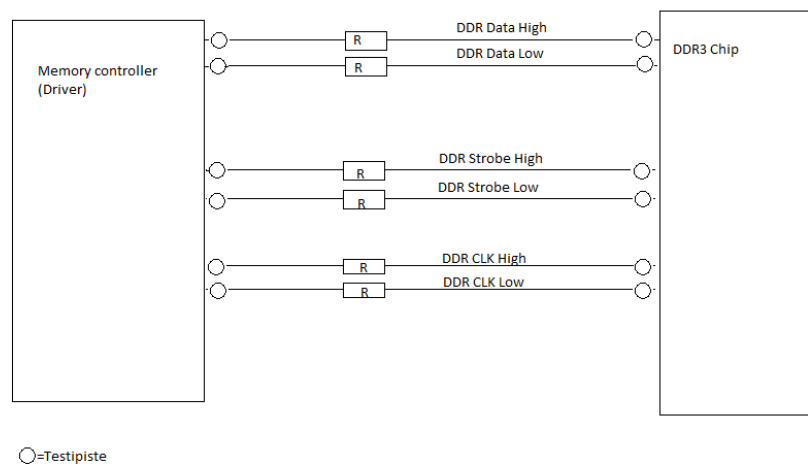
3.2 Mittauspaikan valinta

Sopivaa mittauspaikkaa valittaessa on otettava huomioon, että mittauspaikka ei ole kaukana vastaanottavasta piiristä. Mittaukset suoritetaan aina signaalin vastaanottavan piirin juurelta, koska sieltä näkee parhaiten, minkälaisen signaalin piiri oikeasti vastaanottaa. Nopeissa signaaleissa yleensä signaalia lähettävä piiri muokkaa signaalin muotoa siten, että se olisi vas-

taanotinpäässä mahdollisimman oikea, kun heijastukset ja siirtotien vaimenukset on otettu huomioon.

DDR3:ssa data- ja strobesignaalit ovat kaksisuuntaisia, joten mittauspaikkaa on vaihdettava sen mukaan, onko kyseessä kirjoitus- vai lukumittaus. Kirjoitusmittauksissa signaali mitataan mahdollisimman läheltä muistipiiriä, kun taas lukumittauksissa signaali mitataan mahdollisimman läheltä muistia ohjaavaa piiriä. Jos signaaleille ei ole erikseen tehtyjä testipisteitä, on yleensä signaali mitattava mahdollisen sarjavastuksen jaloista. Tässä tapauksessa on otettava huomioon mittapisteiden etäisyydet piiristä. Etäisyyksien tulisi olla mahdollisimman yhtä pitkät jokaiselle signaalille, jotta signaalien ajoitukset pysyisivät mahdollisimman oikeina ja tulokset luotettavina.

Kuvassa 11 on esitetty muistia ohjaavan piirin ja muistin väliset mitattavat signaalit sekä niiden testipisteet.



KUVA 11. Mitattavat signaalit sekä niiden testipisteet

Koska mitattavat signaalit ovat differentiaalisia, on positiivinen mittapää kytettävä mitattavan signaalin high-linjaan ja negatiivinen mittapää low-linjaan. Signaalianalysoitsijan tulee kytkeä mitattavan levyn kanssa samaan maapisteeseen, jotta ne ovat samassa potentiaalissa.

4 MITTAUSOHJE

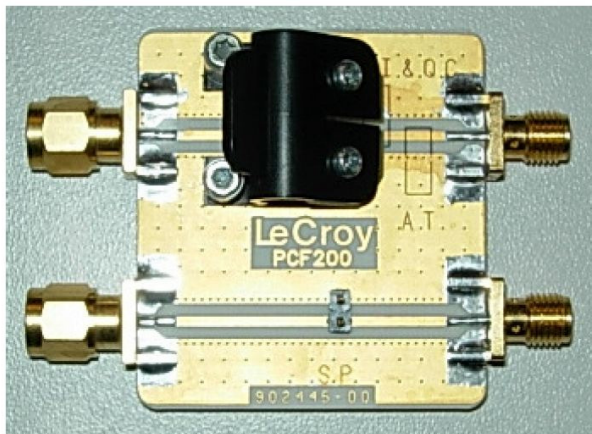
Opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda Elektrobit Wireless Communications Oy:lle ohje, kuinka DDR3-mittaukset suoritetaan Lecroy SDA-816Zi -signaalianalysointilaitetta ja sen oheislaitteita hyväksikäyttäen. Tässä luvussa käydään läpi, kuinka mittaukset tulisi suorittaa ja mihin asetuksiin tulee kiinnittää huomiota. QualiPhy-ohjelmisto mittaa ainoastaan CK-, DQS- ja DQ-signaalit, joten muiden signaalien toiminnallisuus täytyy varmistaa siis muulla tavalla. Signaalianalysointilaitteisto havaitsee DQS-signaalista onko menossa kirjoitus- vai lukuoperaatio. Muistin toiminnallisuus pystytään varmistamaan näiden kolmen signaalin avulla, koska jos muut signaalit eivät toimi, ne vaikuttavat suoraan näiden signaalin toimintaan ja testistä tulee fail-tulos.

Käyttöjännitteet ja muut toimintaan vaikuttavat signaalit tulee mitata erikseen. Tärkeimmät signaalit, jotka tulisi myös mitata, ovat reset, address (osoitelinjat), CAS (käskylinja), RAS (käskylinja), WE (käskylinja), CS (piirin valinta signaali) ja CKE (kellon enableointi). Näistä signaaleista tulisi tarkistaa signaalin laatu ja mahdolliset piikitykset, mutta tässä ohjeessa ei näitä signaaleja käydä läpi.

4.1 Mittapäiden aikaerokalibrointi

Mitattavien signaalien ollessa hyvin nopeita (kellotaajuus 800–2133 MHz) on signaalianalysointilaitteen mittapäiden väliset aikaerot otettava huomioon. Eri mittapäiden ja niiden vahvistimien väliset aikaerot voivat olla jopa satojen pikosekuntien luokkaa, joten aikaerot on tasattava eri mittapäiden välillä, jotta mittaustulokset olisivat luotettavia.

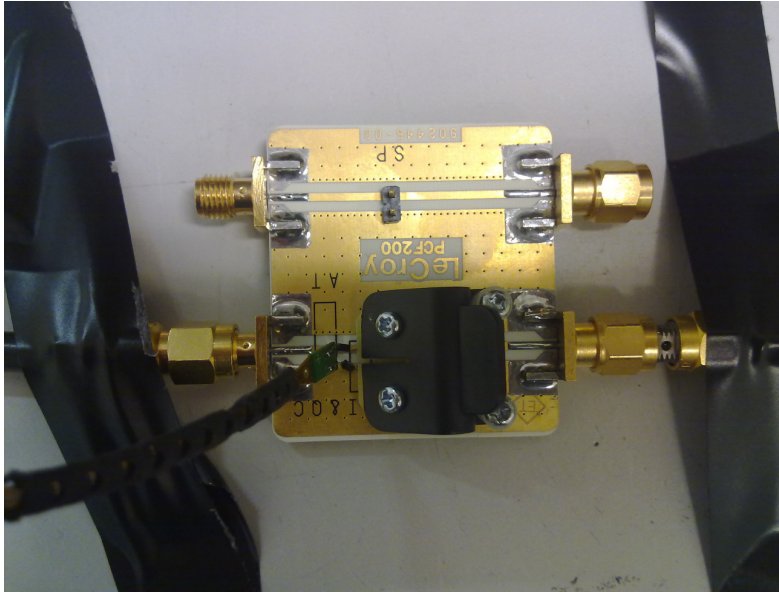
Aikaerokalibrointiin tarvitaan signaalianalysointilaitteen lisäksi LeCroy'n kalibrointilevy PCF200 (kuva 12) sekä SMA(uros)-BNC- ja SMA-SMA kaapelit.



KUVA 12. LeCroy PCF200 -aikaerokalibrintilevy (7, s. 22)

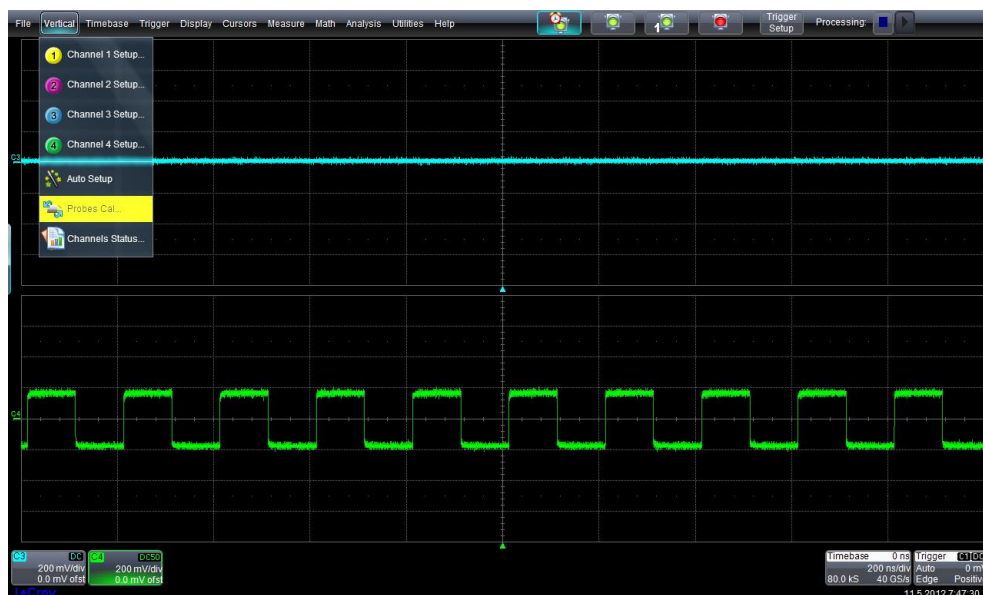
Alla on käyty läpi mittapäiden aikaerokalibrointi vaihe vaiheelta, jotta kalibrointi olisi mahdollisimman helppo toteuttaa.

1. Liitä BNC-SMA-kaapelin BNC-pää signaalianalysaattorin kanavaan 4 (C4).
2. Liitä BNC-SMA-kaapeli SMA-pää PCF200-levyn SMA-naarasliittimeen (ylempi linja PCF200-levystä, kun kalibroidaan juotettavia mittapäitä).
3. Liitä SMA-SMA-kaapelin toinen pää signaalianalysaattorin FAST EDGE -ulostuloon ja toinen pää PCF200-kalibrintilevyyn.
4. Liitä kalibroittavat mittapäät signaalianalysaattoriin.
5. Liitä ensimmäinen (D1650-vahvistin ja Dxx05-Si-mittapää kanavassa 1) kalibroitava mittapää PCF200-levyyn kuvan 13 mukaisesti.



KUVA 13. Mittapään liittäminen PCF200-kalibrointilevyyn

6. Valitse signaalianalysaattorin valikosta Vertical → Probes Cal (kuva 14.).



KUVA 14. Probes Cal -valikon valinta

7. Varmista, että Cal source -valikossa lukee Fast Edge ja Cal Skew Ref. -valikossa lukee C4.

8. Paina Deskew Only -nappia sen mittapään kohdalla, joka on liitetty kalibrointilevyyn.

9. Vaihda toinen mittapää (D620-vahvistin ja DX-20-SP-mittapää kanavassa 2) PCF200-levyyn ja paina mittapään kanavan Deskew Only -nappia.

10. Toista kohta 9 kolmannelle mittapäälle (D620-vahvistin ja DX-20-SP-mittapää kanavassa 3). Kun kaikki mittapäät on kalibroitu onnistuneesti, tulee Deskew Only -napin viereen vihreät merkit onnistuneen kalibroinnin merkiksi (kuva 15).



KUVA 15. Valikon näkymä onnistuneen aikaero kalibroinnin jälkeen

11. Pura kalibrointijärjestely. Mittapäät ovat nyt valmiita mittauksiin. Huom. mittapäiden kalibrointi-arvot häviävät, jos signaalianalysaattorin sammuttaa, joten nämä arvot kannattaa kirjoittaa paperille.

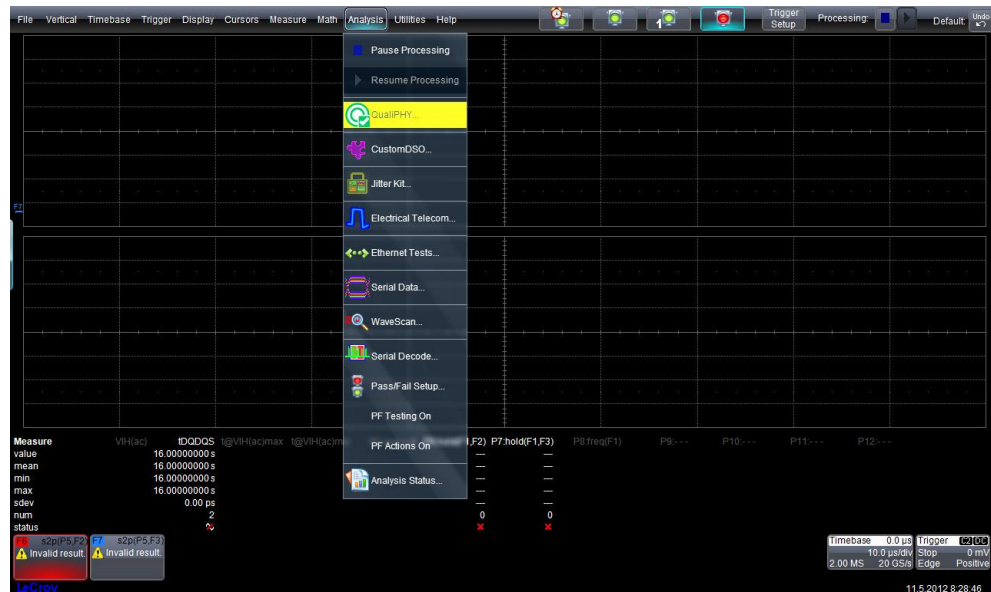
4.2 Mittausohje

Alla on käyty läpi mittausten suorittaminen vaihevaiheelta, jotta mittaukset olisi mahdollisimman helppo toteuttaa.

1. Juota CK- ja CK#-signaalin mittapisteesiin (lukumittauksissa muistia ohjaavaan päähän ja kirjoitusmittauksissa muistipäähän) kanavan 1 mit-

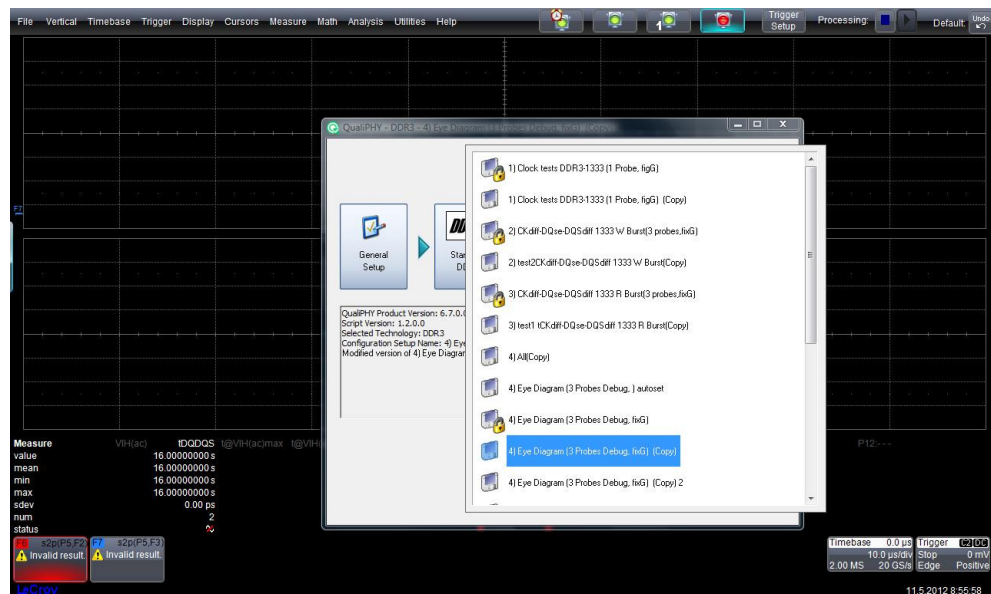
tapää (D1650-vahvistin ja Dxx05-Si-mittapää). Mittapään positiivinen pää juotetaan CK-linjaan ja mittapään negatiivinen pää CK#-linjaan.

2. Juota DQS- ja DQS#-signaalin mittapisteisiin (lukumittauksissa muistia ohjaavaan päähän ja kirjoitusmittauksissa muistinpäähän) kanavan 2 mittapää (D620-vahvistin ja DX-20-SP-mittapää). Mittapään positiivinen pää juotetaan DQS-linjaan ja mittapään negatiivinen pää DQS#-linjaan.
3. Juota DQ-signaalin mittapisteeseen (lukumittauksissa muistiaohjaavaan päähän ja kirjoitusmittauksissa muistinpäähän) kanavan 3 mittapää (D620-vahvistin ja DX-20-SP-mittapää). Mittapään positiivinen pää juotetaan DQ-linjaan ja mittapään negatiivinen pää maapotentiaaliin.
4. Kytke maakaapeli signaalianalysaattorin ja mitattavan piirin välille.
5. Käynnistä muistitesti mitattavalle muistipiirille, jotta mittauksissa saadaa tarpeeksi näytteitä (mittausten aikana DQS- ja DQ-signaalien silmäkuvioista näkee, onko linjassa tarpeeksi liikennettä).
6. Käynnistä QualiPhy-ohjelmisto valikosta Analysis → QualiPhy (kuva 16).



KUVA 16. QualiPhyn käynnistys

7.Valitse configuration-valikosta tehtävä mittaus (kuva 17).

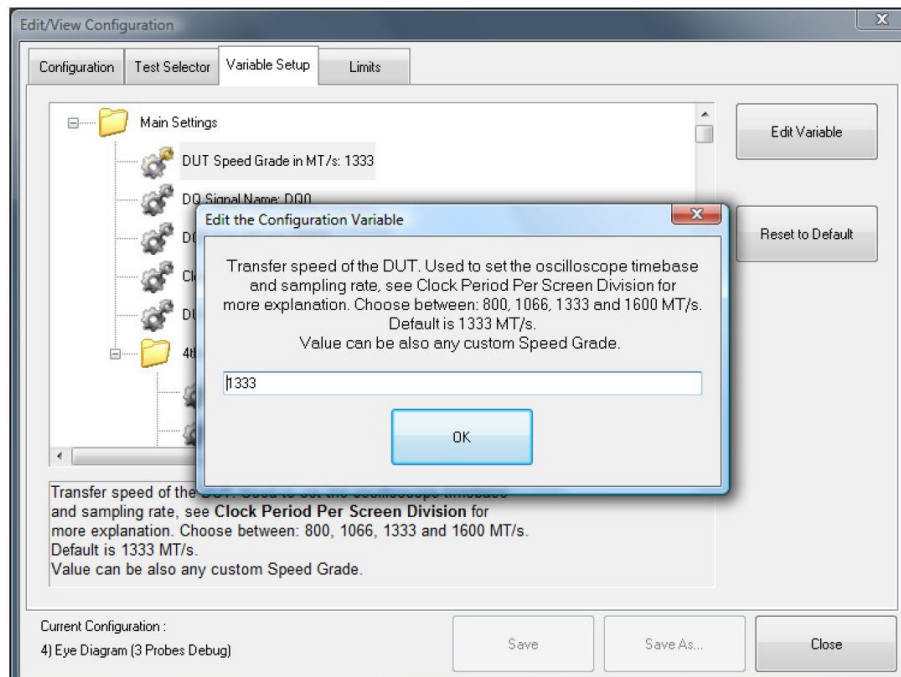


KUVA 17. Mittausvalikko

8.Valitse Edit/View Configuration → Variable Setup, josta säädetään mit-
tausasetuksia.

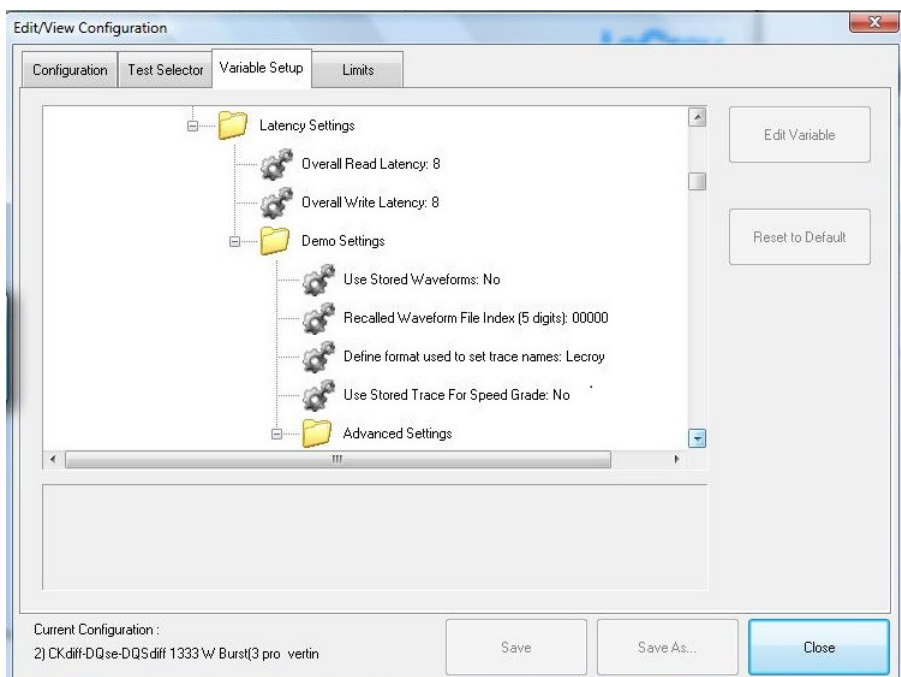
Tarkista seuraavat asetukset:

1. Main Settings (kuva 18). Aseta mitattavan muistipiirin nopeus.



KUVA 18. Main Settings

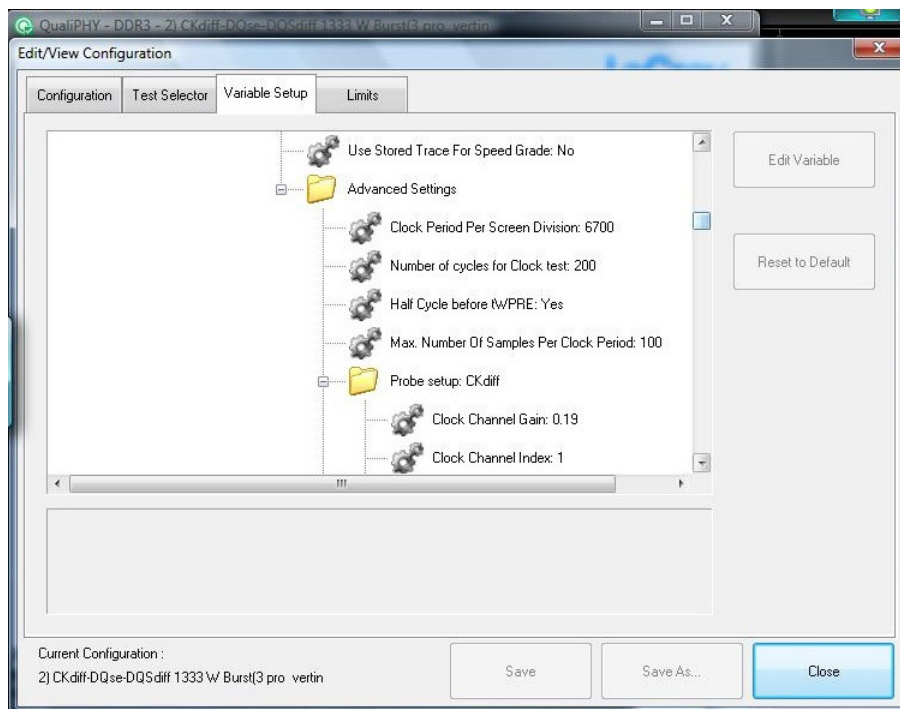
2. Overall Read/Write Latency (kuva 19). Aseta tähän mitattavan piirin lukija kirjoitusviiveet.



KUVA 19. Read/Write -viiveen asettaminen

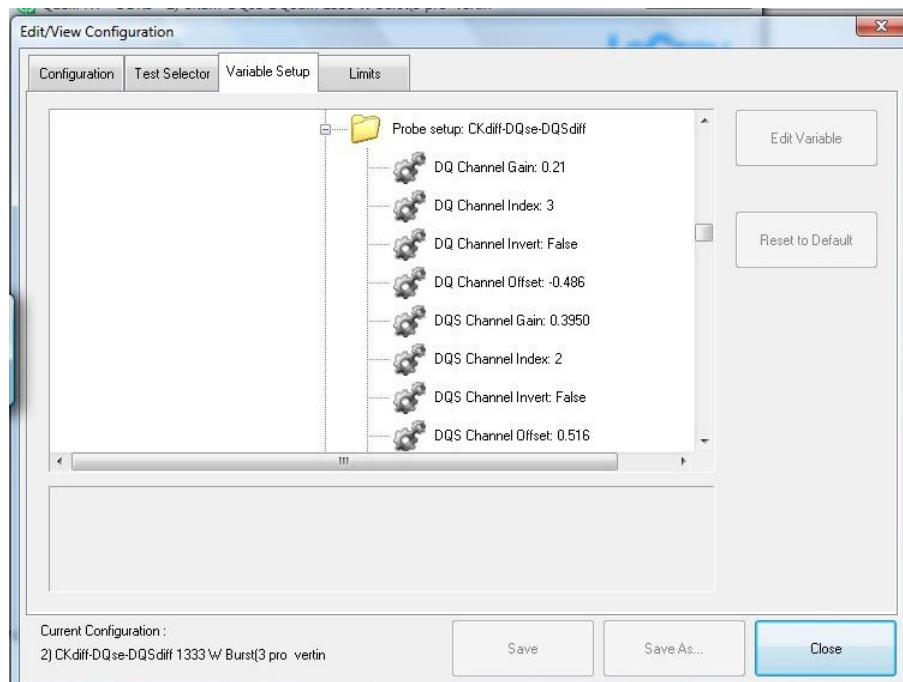
3. Clock Period Per Screen division (kuva 20). Tällä asetuksella asetetaan, kuinka pitkästä ajasta näytteet otetaan mittaukseen. Tässä mittauksessa arvoa 6700 käytettiin 1333 MHz:n DDR3-muistille. Arvoa voi kasvattaa, jos mittauksissa on nopeampi muisti.

4. Clock Channel Gain ja Clock Channel Index (kuva 20). Gain-asetuksella voi säätää, montako mV/ruutu asetusta käytetään kellosignaalin mittauksissa. Mitattavan signaalin on kuitenkin oltava vähintään kaksi ruutua korkea. Gain-asetuksen voi myös laittaa 0:ksi, jolloin signaalianalysaattori skaalaa itse signaalin sopivaksi. Tarkista myös, että kellosignaalin kanava on asetettu oikein.



KUVA 20. Clock Channel Gain- ja Clock Channel Index -asetukset

5. Probe Setup (kuva 21). Tarkista, että DQ- ja DQS-signaalien kanavat ovat oikein asetetut (oletusarvona DQS kanava 2, DQ kanava 3.). Gain-asetuksista voit säätää signaalin tason oikeaksi ja oletusarvo 0 skaalaa signaalin automaattisesti. Channel invert -asetuksesta voi kääntää mittapään napaisuuden toisinpäin, jos ne on juotettu levyllä väärinpäin.



KUVA 21.

Probe Setup -valikko

6. Käy asetuslista loppuun asti ja tarkista, että kanavat ja gainit on asetettu oikein kaikkialla.

7. Valitsemalla Save As voit tallentaa muokatut asetukset haluamallasi nimellä.

8. Valitsemalla Pause On Failure testi pysähtyy huomattuaan tuloksen, joka ei mene rajoihin, jolloin kyseisen testin voi suorittaa uudestaan.

9. Valitsemalla Start aloitetaan testien tekeminen.

10. Ensimmäisten testien joukossa mitataan silmäkuviot. Jos silmäkuvioita ei näy, kannattaa varmistaa, että väylässä on tarpeeksi liikennettä mittauksiin sekä että asetukset on asetettu oikein.

11. QualiPhy luo testin jälkeen raportin testituloksista, jonka voi tallentaa.

5 MITATUT PARAMETRIT JA TULOSTEN ANALYYSINTI

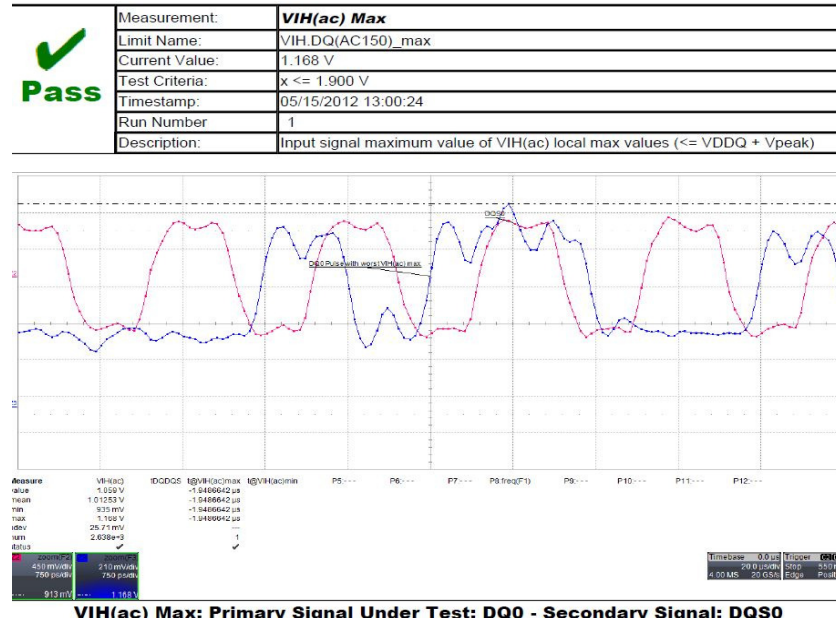
Tässä osiossa käydään läpi LeCroy QualiPhyn tekemien testien mitatut parametrit sekä kohdat, joista ne on mitattu. Tulokset käydään läpi sekä lukuettä kirjoitustesteille. Tuloksista käsitellään ainoastaan ne tulokset, jotka vaikuttavat siihen, onko testi hyväksytty vai hylätty.

Mitattujen parametrien rajat QualiPhylle tulevat suoraan DDR3-standardista. Riippuen muistin tyypistä rajat eroavat toisistaan, joten alla on käyty ainoastaan läpi, mistä kyseiset parametrit on mitattu. Mittauksiin on piirretty punaisella viivalla mittauspiste epäselvissä tapauksissa. Tuloksia analysoidaan sitä osin, ovatko ne luotettavia. Koska samoja mittauksia on raportissa kaikille kolmelle signaalille, käydään ne läpi ainoastaan yhden signaalin avulla.

6.1 Kirjoitustestin tulokset

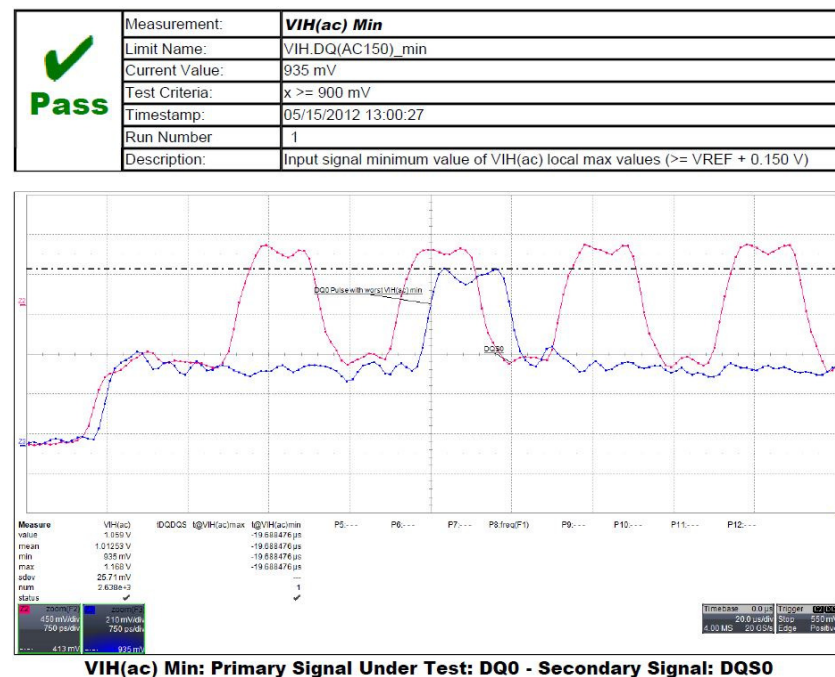
1. VIH(ac) Max (kuva 22). DQ-signaalin maksimiarvo kaikista näytteistä.

Tulos ok.




KUVA 22. VIH(ac) Max

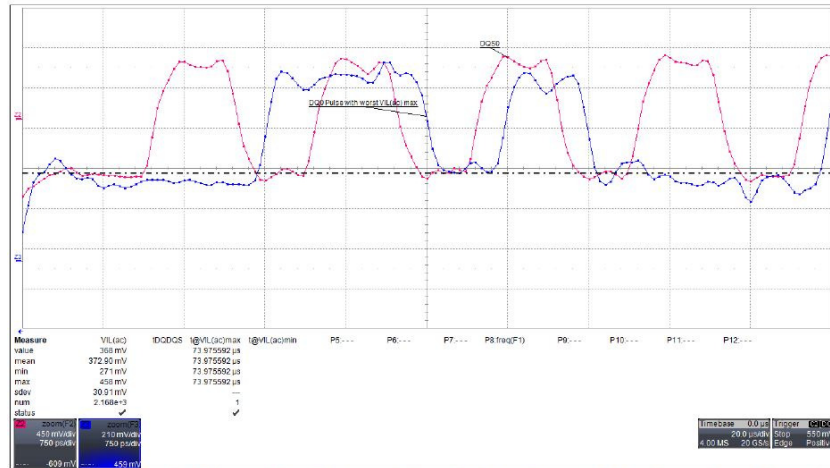
2. VIH(ac) Min (kuva 23). Pienin DQ-signaalin VIH(ac) arvo kaikista näytteistä. Tulos ok.



KUVA 23. VIH(ac) Min

3.VIL(ac) Max (kuva 24). DQ-signaalin low-arvon maksimi. Tulos ok.


 Pass	Measurement:	VIL(ac) Max
	Limit Name:	VIL_DQ(AC150)_max
	Current Value:	458 mV
	Test Criteria:	x <= 600 mV
	Timestamp:	05/15/2012 13:00:30
	Run Number:	1
	Description:	Input signal maximum value of VIL(ac) local min values (<= VREF - 0.150)

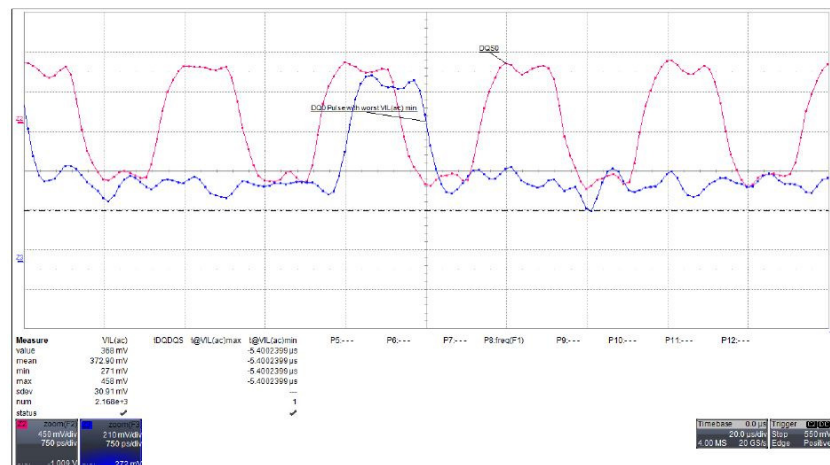


Test Electrical - VIL(ac) Max: Primary Signal Under Test: DQ0 - Secondary Signal: KUVA 24.

VIL(ac) Max

4.VIL(ac) Min (kuva 25). DQ-signaalin low-arvon minimi. Tulos ok.

 Pass	Measurement:	VIL(ac) Min
	Limit Name:	VIL_DQ(AC150)_min
	Current Value:	271 mV
	Test Criteria:	x >= -400 mV
	Timestamp:	05/15/2012 13:00:33
	Run Number:	1
	Description:	Input signal minimum value of VIL(ac) local min values (>= VSSQ - Vpeak)



Test Electrical - VIL(ac) Min: Primary Signal Under Test: DQ0 - Secondary Signal:

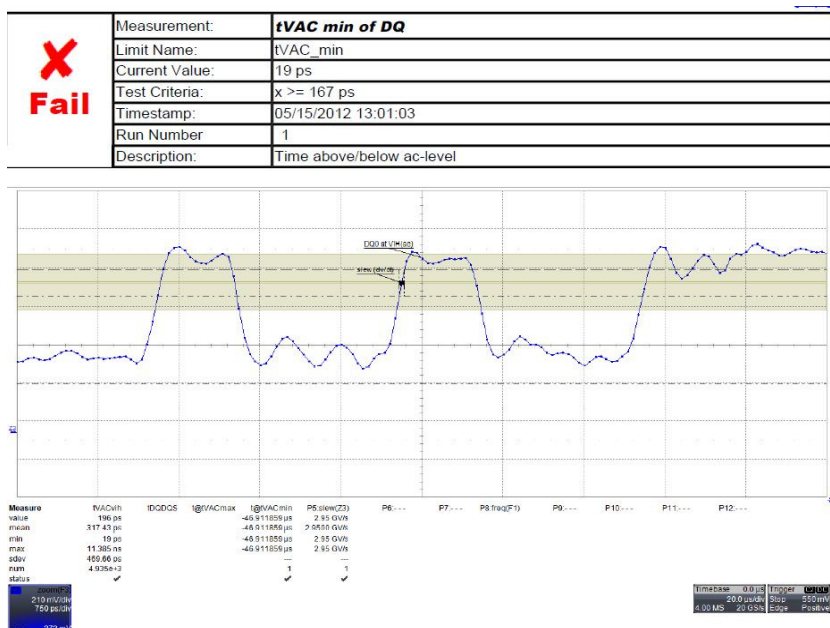
KUVA 25. VIL(ac) Min

5. *t*DVAC min of DQS (kuva 26). Mitattu minimiaika, jonka DQS-signaali on ac-tason yläpuolella. Tulos ok




KUVA 26. *t*DVAC min of DQS

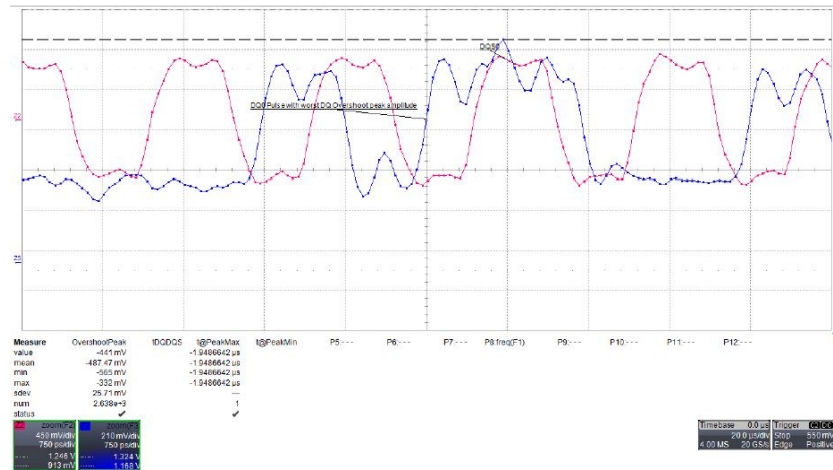
6. *t*VAC Min of DQ (kuva 27). Mitattu minimiaika, jonka DQ-signaali on ac-tason yläpuolella. Signaalianalysaattori on mitannut arvon virheellisesti, mutta keskiarvo mittaukselle on ok, joten lopullinen tulos on pass.



KUVA 27. *t*VAC min Of DQ

7.DQ Overshoot peak amplitude Max (kuva 28). DQ-signaalin maksimiylitys. Tulos ok.


	Measurement:	DQ Overshoot peak amplitude Max
	Limit Name:	ACovershootPeak_max
	Current Value:	-332 mV
	Test Criteria:	x <= 400 mV
	Timestamp:	05/15/2012 13:01:16
	Run Number	1
	Description:	Input signal maximum value of AC Overshoot peak amplitude

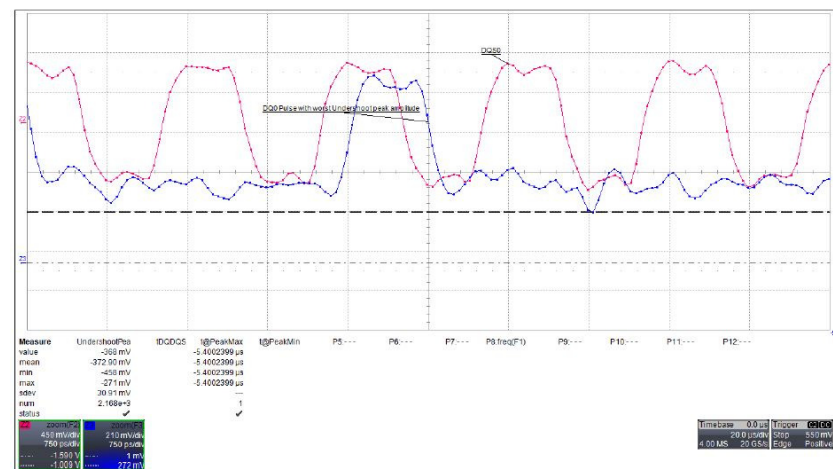


Test Electrical - DQ Overshoot peak amplitude Max: Primary Signal Under Test: DQ0 - Secondary Signal: DQS0

KUVA 28. DQ Overshoot peak amplitude Max

8.DQ Undershoot peak amplitude Max (kuva 29). DQ-signaalin maksimialitus. Tulos ok.

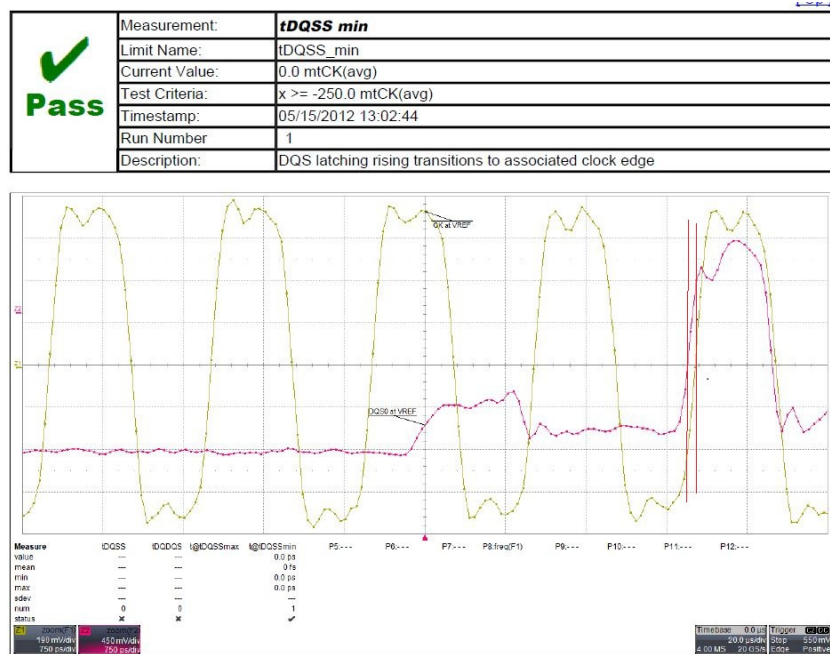
	Measurement:	DQ Undershoot peak amplitude Max
	Limit Name:	ACUndershootPeak_max
	Current Value:	-271 mV
	Test Criteria:	x <= 400 mV
	Timestamp:	05/15/2012 13:01:23
	Run Number	1
	Description:	Input signal maximum value of Undershoot peak min values



Test Electrical - DQ Undershoot peak amplitude Max: Primary Signal Under Test: DQ0 - Secondary Signal: DQS0

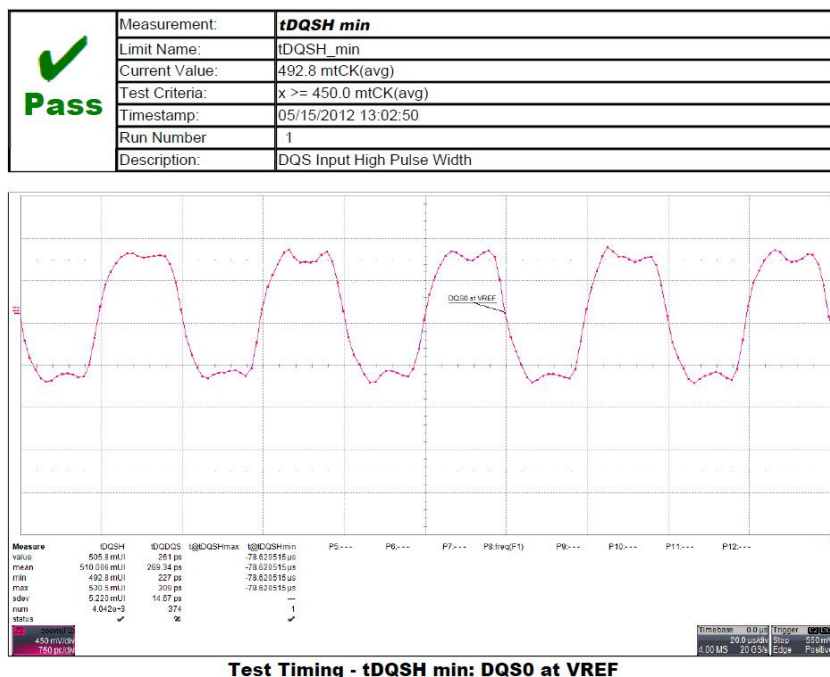
KUVA 29. DQ Undershoot peak amplitude MAX

9. tDQSS max. Aika siitä, kun CK on nousemassa (0-taso) ja DQS on ylhäällä, siihen asti, kun DQS laskee 0-tasoon. Signaalianalysaattori ei ole saanut mitattua tätä arvoa, joten kuvaan (kuva 30) piirretty punaisella, mistä olisi mitattu.




KUVA 30. tDQSS max

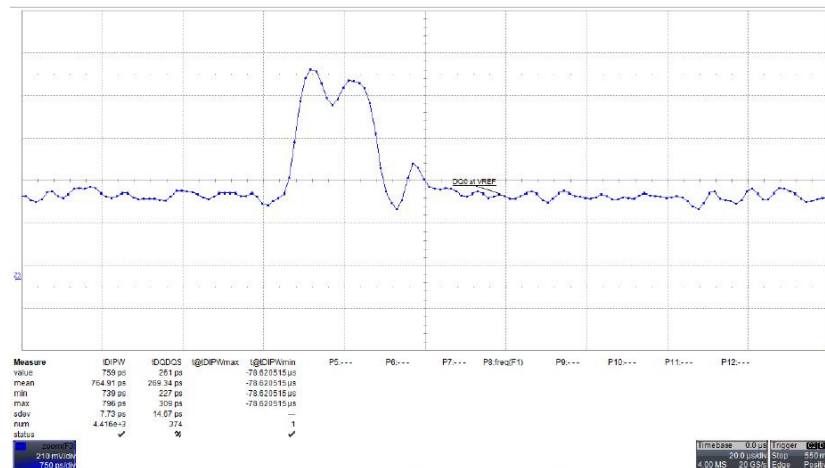
10. tDQSH min (kuva 31). DQS-signaalin high-arvon minimileveys. Tulos ok.



KUVA 31. tDQSH min

11. tDIPW min (kuva 32). DQ-signaalin high- ja low-arvon pulssin leveys pikosekunteina. Tulos ok.


 Pass	Measurement:	tDIPW min
	Limit Name:	tDIPW_min
	Current Value:	739 ps
	Test Criteria:	x >= 400 ps
	Timestamp:	05/15/2012 13:03:05
	Run Number	1
	Description:	DQ Input High/Low Pulse Width

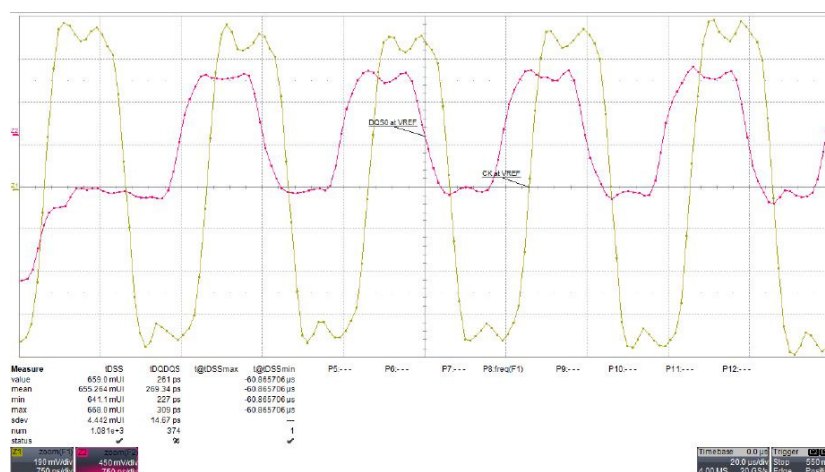


Test Timing - tDIPW min: DQ0 at VREF

KUVA 32. tDIPW min

12. tDSS min (kuva 33). DQS- ja CK-signaalien välinen asettumisaika. Tulos ok.


 Pass	Measurement:	tDSS min
	Limit Name:	tDSS_min
	Current Value:	641.1 mtCK(avg)
	Test Criteria:	x >= 200.0 mtCK(avg)
	Timestamp:	05/15/2012 13:03:16
	Run Number	1
	Description:	DQS Falling Edge to CK Setup Time

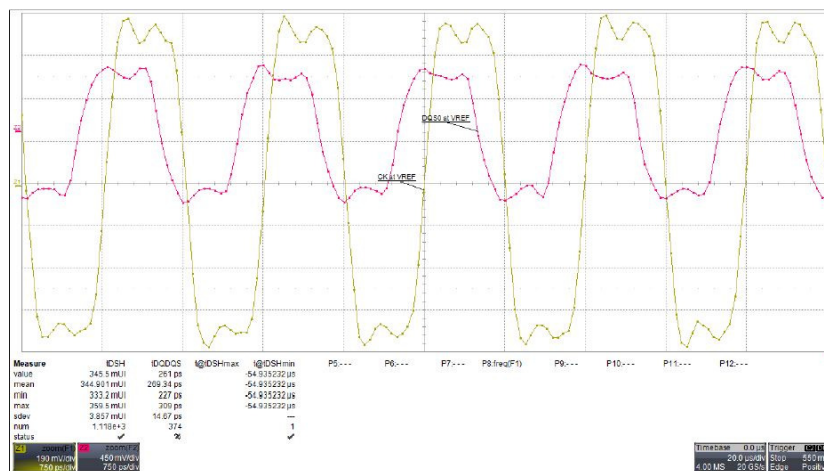


Test Timing - tDSS min: DQS0 VREF fall to CK VREF rise

KUVA 33. tDSS min

13. tDSH min (kuva 34). DQS- ja CK-signaalien välinen pitoaika. Tulos ok.


 Pass	Measurement:	tDSH min
	Limit Name:	tDSH_min
	Current Value:	333.2 mtCK(avg)
	Test Criteria:	x >= 200.0 mtCK(avg)
	Timestamp:	05/15/2012 13:03:21
	Run Number:	1
	Description:	DQS Falling Edge Hold Time from CK

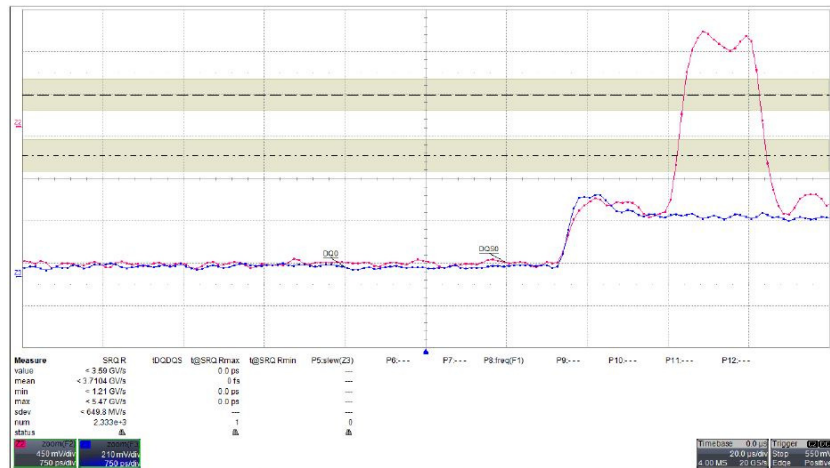


KUVA 34. tDSH min

6.2 Lukutestin tulokset

1. SRQ R of DQ max (kuva 35). DQ-signaalin (sininen) maksiminousuaika muodossa GV/s. Tulos ok.


 Pass	Measurement:	SRQ R of DQ max
	Limit Name:	SRQse_limit_max
	Current Value:	5.4721 GV/s
	Test Criteria:	x <= 6.0000 GV/s
	Timestamp:	05/15/2012 16:07:22
	Run Number:	1
	Description:	Slew rate between VIL(ac) and VIH(ac)

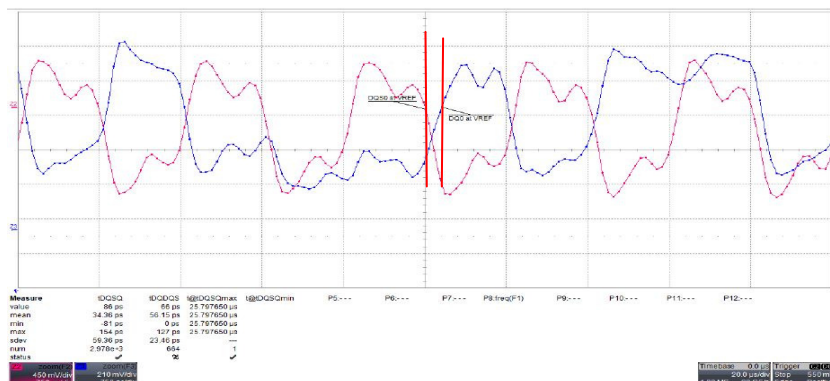


Test Electrical - SRQ R of DQ: primary Signal Under Test: DQ0 - Secondary Signal: DQS0

KUVA 35. SRQ R of DQ max

2. tDQSQ Max (kuva 36). Maksimi aikaero DQS- ja DQ-signaalien välillä. Tulos ok. Fail-tulos voi johtua mittapäiden ja piirin välisten etäisyyksi-en erosta.

 Fail	Measurement:	tDQSQ Max
	Limit Name:	tDQSQ_max
	Current Value:	154 ps
	Test Criteria:	x <= 125 ps
	Timestamp:	05/15/2012 16:08:35
	Run Number:	1
	Description:	Max skew between the DQS line and the associated DQ line within a read burst



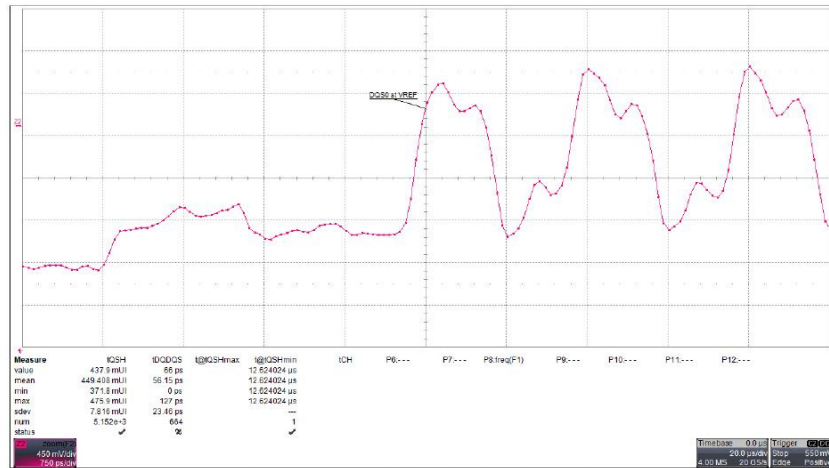
Test Timing - tDQSQ Max: Primary Signal Under Test: DQ0 - Secondary Signal: DQS0

KUVA 36. tDQSQ Max

3. tQSH min (kuva 37). DQS-signaalin high-tilan kapein pulssin leveys.

Tulos ok.

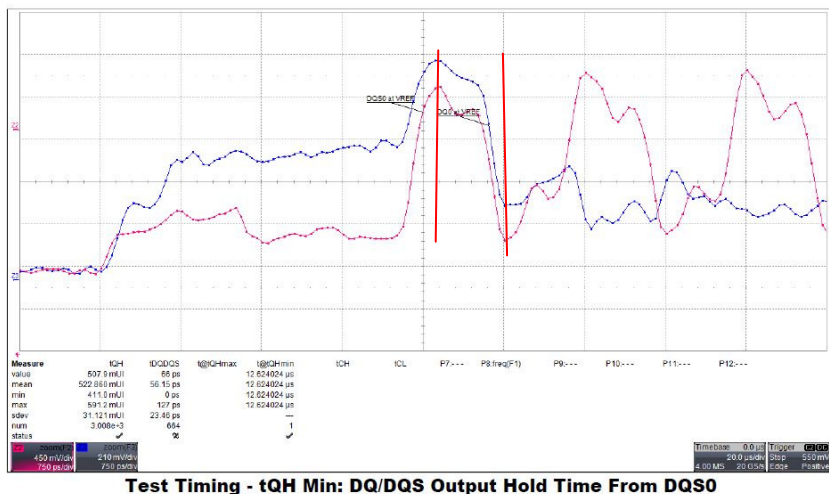
Fail	Measurement:	tQSH min
	Limit Name:	tQSH_min
	Current Value:	371.8 mCK(avg)
	Test Criteria:	x >= 400.0 mCK(avg)
	Timestamp:	05/15/2012 16:08:46
	Run Number:	1
	Description:	DQS Output High Pulse Width



KUVA 37. tQSH min

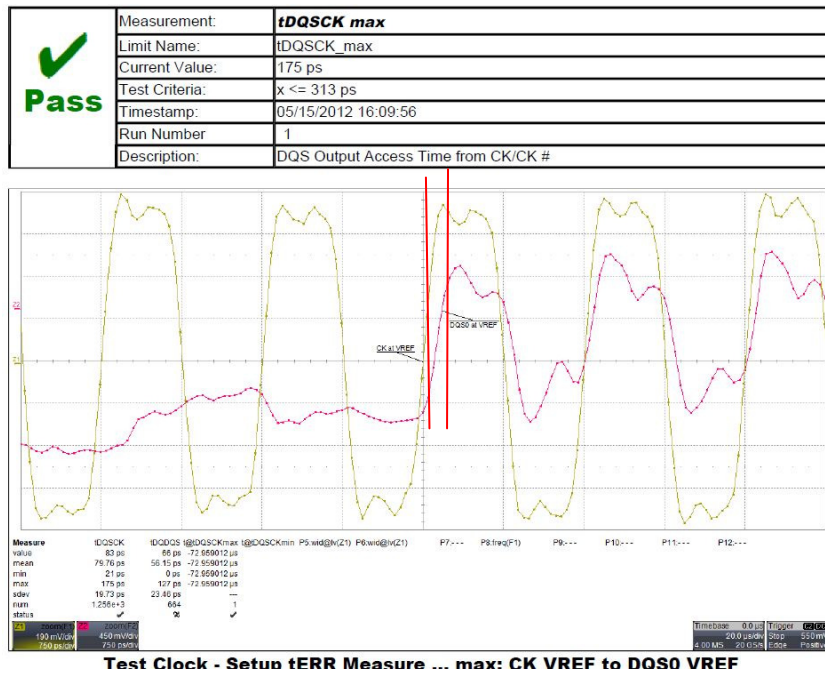
4.tQH Min (kuva 38). DQ- ja DQS-signaalien välinen pitoaika. Tulos ok.

Pass	Measurement:	tQH Min
	Limit Name:	tQH_min
	Current Value:	422.0 mCK(avg)
	Test Criteria:	x >= 380.0 mCK(avg)
	Timestamp:	05/15/2012 16:09:27
	Run Number:	1
	Description:	DQS at VREF to DQ at Vref or VIH(dc)/VIL(dc)



KUVA 38. tQH Min

5.tDQSCK max (kuva 39). Aika, joka menee siitä, kun CK-signaali on VREF tasolla siihen, kun DQS-signaali on VREF-tasolla. Tulos ok.



KUVA 39. tDQSCK max

6 YHTEENVETO

Tämä opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä ohje DDR3-mittauksille LeCroy SDA-816Zi -signaalianalysaattorilla. Ohjeen piti olla tarpeeksi yksinkertainen, jotta se olisi hyödynnettävissä työn tilaajan käytössä. Työssä käytiin läpi, mitä vaatimuksia mittapäillä ja mittauspaikalla on nopean signaalin mittauksessa. LeCroyn signaalianalysaattori varmistaa muistin toiminnallisuuden ainoastaan CK-, DQ- ja DQS-signaalien osalta. Näistä signaaleista mitattiin signaalin laatu sekä niiden keskinäiset ajoitukset. Muiden muistin signaalien laatu pitää varmistaa erillisillä mittauksilla. Mittaustulokset analysoitiin ja huomattiin, että kaikki tulokset eivät olleet luotettavia, vaan päätös mittauksen lopputuloksesta täytyy tehdä itse tulosten tarkastelun jälkeen.

Työn aikana paljon aikaa kului mittauslaitteiston valintaan ja ohjelmiston asetuksiin perehtyessä. Signaalianalysaattorista ja sen ohjelmistosta, jolla mittaukset suoritettiin, ei ollut työn tilaavalla yrityksellä kokemusta. Mittausohje tarvittiin, jotta mittausvirheiltä välttyttäisiin ja aikaa kuluisi vähemmän mittausten tekemiseen.

LÄHTEET

1. Suvanto, Ville. 2009. DDR3-teknologia- ja muistikatsaus. Saatavissa: <http://muropaketti.com/artikkelit/muistit-ja-tallennus/ddr3-teknologia-ja-muistikatsaus>. Hakupäivä 20.3.2012.
2. DDR3 Memory RAM Upgrades. 2009. Saatavissa: <http://www.ddrmemoryram.com/ddr3-memory-ram.html>. Hakupäivä 20.3.2012.
3. How DDR3 Memory Works? 2009. Saatavissa: <http://www.simmtester.com/page/news/showpubnews.asp?title=How+DDR3+Memory+Works+?&num=149>. Hakupäivä 10.5.2012.
4. JEDEC.2009. DDR3 SDRAM Specification JESD79-3E. Saatavissa: <http://www.jedec.org/standards-documents/results/JESD79-3>. Hakupäivä: 10.5.2012.
5. LeCroy.What you need to know about DDR,DDR2 and DDR3.Yrityksen koulutusmateriaali.
6. LeCroy SDA-816Zi signaalianalysaattorin kuva. Saatavissa: <http://www.rlocman.ru/i/Image/2010/01/20/4.jpg> Hakupäivä 2.7.2012.
7. LeCroy.2010.QPHY-DDR3 DDR3 Serial Data Operator's Manual. Saatavissa:<http://cdn.lecroy.com/files/manuals/qphy-ddr3-om-e.pdf> Hakupäivä 2.7.2012.